



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001203558 A**(43) Date of publication of application: **27.07.01**

(51) Int. Cl.

**H03H 9/17**  
**C23C 14/06**  
**C23C 14/08**  
**H01L 21/205**  
**H01L 41/09**  
**H01L 41/083**  
**H01L 41/18**  
**H03H 9/54**

(21) Application number: **2000283724**(22) Date of filing: **19.09.00**(30) Priority: **11.11.99 JP 11321587**(71) Applicant: **MURATA MFG CO LTD**

(72) Inventor: **KITAMURA HIDEKAZU**  
**INOUE KAZUHIRO**  
**TAKEUCHI MASAKI**

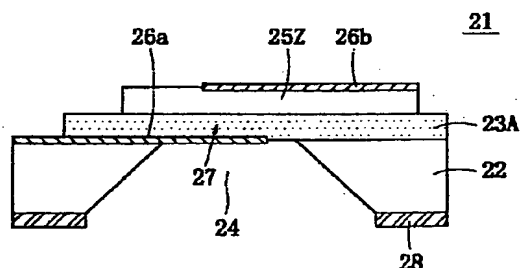
(54) **PIEZOELECTRIC RESONATOR, FILTER AND  
 ELECTRONIC DEVICE**

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To manufacture a piezoelectric thin film resonator which has a stable temperature characteristic in the resonance frequency, a high resonance response and an excellent resonance characteristic.

**SOLUTION:** An AlN thin film 23A is formed on an upper face of a Si substrate 22, a cavity 24 is formed by opening a middle part of the Si substrate 22 and a piezoelectric thin film 25Z made of ZnO is formed on the upper face of the AlN thin film 23A. Stimulation electrodes 26b and 26a are provided to an upper side and a lower side of the ZnO piezoelectric thin film 25Z. Since the sign of a temperature coefficient of an elastic constant of the ZnO piezoelectric thin film 25Z is opposite to that of an AlN thin film support section 27, the temperature coefficients are cancelled with each other resulting that the temperature coefficient is zero as a whole. Furthermore, since the ZnO and the AlN are piezoelectric materials, the resonance characteristic can be enhanced.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-203558

(P2001-203558A)

(43) 公開日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル (参考)
H 0 3 H 9/17		H 0 3 H 9/17	F 4 K 0 2 9
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	P 5 F 0 4 5
	14/08		N 5 J 1 0 8
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	
41/09		H 0 3 H 9/54	Z
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-283724(P2000-283724)

(22) 出願日 平成12年9月19日 (2000.9.19)

(31) 優先権主張番号 特願平11-321587

(32) 優先日 平成11年11月11日 (1999.11.11)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 北村 英一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(72) 発明者 井上 和裕

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(74) 代理人 100094019

弁理士 中野 雅房

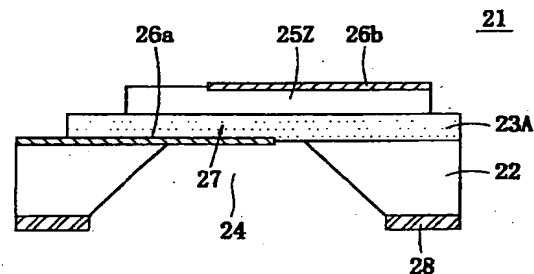
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電共振子、フィルタ及び電子機器

(57) 【要約】

【目的】 共振周波数の温度特性が安定で、かつ共振レスポンスも大きくて共振特性が良好な圧電薄膜共振子を製作する。

【解決手段】 Si基板22の上面にAlN薄膜23Aを形成し、Si基板22の中央部を開口して空洞24を設け、AlN薄膜23Aの上面にZnOからなる圧電薄膜25Zを形成する。ZnO圧電薄膜25Zの上面と下面には、励振用電極26b、26aを設ける。ZnO圧電薄膜25ZとAlN薄膜支持部27とは、弾性定数の温度係数の符号が逆であるので、互いに打ち消し合い、全体として温度係数がゼロになる。また、ZnOとAlNはいずれも圧電材料であるから、共振特性が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 共振周波数の温度係数が正である1層もしくは複数層の圧電体層と該温度係数が負である1層もしくは複数層の圧電体層とを積層し、該積層体を、少なくとも一部を基板から浮かせるようにして該基板上に配置し、前記積層体を構成する圧電体層の少なくとも1層を挟むようにして少なくとも1組の電極を設けたことを特徴とする圧電共振子。

【請求項2】 前記積層体を構成するいずれの圧電体層も、いずれかの電極間に挟まれていることを特徴とする、請求項1に記載の圧電共振子。

【請求項3】 共振周波数の温度係数が負である圧電体層は、 $ZnO$ 、 $LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$ 、 $PbZr_xTi_{(1-x)}O_3$  [ $0 \leq x \leq 0.52$ ] のいずれかの圧電材料を主成分として構成されていることを特徴とする、請求項1又は2に記載の圧電共振子。

【請求項4】 共振周波数の温度係数が正である圧電体層は、 $AlN$ 、 $PbZr_xTi_{(1-x)}O_3$  [ $0.54 \leq x \leq 1$ ] を主成分として構成されていることを特徴とする、請求項1、2又は3に記載の圧電共振子。

【請求項5】 前記基板上で3層の圧電体層を積層した請求項1、2、3、4に記載の圧電共振子において、中央の圧電体層を挟む上下の圧電体層の厚さがほぼ等しいことを特徴とする圧電共振子。

【請求項6】 請求項1、2、3、4又は5に記載された圧電共振子を用いたフィルタ。

【請求項7】 請求項1、2、3、4又は5に記載された圧電共振子を用いた電子機器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は圧電共振子、フィルタ及び電子機器に関し、特に、圧電体層の弾性振動を利用した圧電共振子、フィルタ及び電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】 圧電基板の厚み振動を利用した圧電薄膜共振子の共振周波数は、圧電基板の厚さに反比例し、超高周波領域では圧電基板を極めて薄く加工する必要がある。しかし、圧電基板自体の厚さを薄くするのは、その機械的強度や取り扱い上の制限などから、基本モードでは数100MHzが実用上の高周波限界とされてきた。

【0003】 このような問題を解決するため、従来より圧電薄膜共振子が提案されており、フィルタや共振器として提案されている。この圧電薄膜共振子1は、図1に示すように、微細加工法を用いてSi基板2を部分的にエッチングすることにより、Si基板2の一部に数 $\mu m$ 以下の厚さの薄膜支持部3を形成し、その上に一対の励振用電極5a、5bを両面に有するZnO圧電薄膜4を設けたものである。

【0004】 このような圧電薄膜共振子1では、薄膜支持部3は微細加工技術を用いて薄くすることができ、圧

電薄膜4もスパッタリング等によって薄く形成することができるので、数100MHz～数1000MHzまで高周波特性を延ばすことができる可能性がある。

【0005】 しかし、ZnOの弾性定数の温度係数は約 $-160 ppm/^{\circ}C$ 、Siの弾性定数の温度係数は約 $-30 ppm/^{\circ}C$ であって、ZnOとSiでは共振周波数の温度係数がいずれも負の値をもつので、ZnOからなる圧電薄膜4とSiからなる薄膜支持部3との組み合わせでは、基本モードにおける共振周波数の温度特性が悪くなるという欠点がある。

【0006】 また、図2に示す圧電薄膜共振子6では、Si基板2の表面に熱酸化等によってSiO<sub>2</sub>薄膜7を形成し、Si基板2を部分的にエッチングすることによってSiO<sub>2</sub>薄膜7で薄膜支持部3を形成し、その上に励振用電極5a、5bを両面に有するZnO圧電薄膜4を設けている。

【0007】 ZnOの弾性定数の温度係数は約 $-160 ppm/^{\circ}C$ 、SiO<sub>2</sub>の弾性定数の温度係数は約 $+200 ppm/^{\circ}C$ であって、ZnOとSiO<sub>2</sub>では共振周波数の温度係数の符号が異なるので、ZnOからなる圧電薄膜4の膜厚とSiO<sub>2</sub>からなる薄膜支持部3の膜厚との比をある適当な値（概略で、2:1）に設定することにより、基本モードにおける共振周波数の温度係数を小さくし、共振周波数の温度特性を安定にすることができる（特開昭58-121817号公報）。

【0008】 図3は別な構造の圧電薄膜共振子9を示す断面図である。これは、浮き構造（エアブリッジ構造）を有する圧電薄膜共振子9であって、Si基板10の上にエアギャップ11を介してSiO<sub>2</sub>からなる薄膜支持部12を形成し、Si基板10から浮き上がるように形成された薄膜支持部12の上に、励振用電極14a、14bを両面に有するZnO圧電薄膜13を設けている。

【0009】 この圧電薄膜共振子9でも、図2に示した圧電薄膜共振子6と同様、ZnO圧電薄膜13の膜厚とSiO<sub>2</sub>薄膜支持部12の膜厚との比をある適当な値に設定することにより共振周波数の温度係数を小さくし、共振周波数の温度特性を安定にすることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 上記第2の圧電薄膜共振子6にあつては、ZnO圧電薄膜4とSiO<sub>2</sub>薄膜支持部3を組み合わせることにより共振周波数の温度係数を相殺させることができる。また、上記第3の圧電薄膜共振子9にあつては、ZnO圧電薄膜13とSiO<sub>2</sub>薄膜支持部12を組み合わせることにより共振周波数の温度係数を相殺させることができる。

【0011】 しかし、ZnOは圧電体であるのに対し、SiO<sub>2</sub>は非圧電体であるため、これらの圧電薄膜共振子においては、共振レスポンスが小さく、共振特性がよくなかった。

【0012】 本発明は上述の技術的問題点を解決するた

10

20

30

40

50

めになされたものであり、その目的とするところは、共振周波数の温度特性が安定で、かつ共振レスポンスも大きくて共振特性が良好な圧電共振子を提供することにある。さらに、この圧電共振子を用いたフィルタ及び電子機器を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段とその作用】請求項1に記載の圧電共振子は、共振周波数の温度係数が正である1層もしくは複数層の圧電体層と該温度係数が負である1層もしくは複数層の圧電体層とを積層し、該積層体を、少なくとも一部を基板から浮かせるように、つまり、基板に接しないようにして該基板上に配置し、前記積層体を構成する圧電体層の少なくとも1層を挟むようにして少なくとも1組の電極を設けたことを特徴としている。

【0014】請求項1に記載の圧電共振子にあっては、共振周波数の温度係数が正である1層もしくは複数層の圧電体層と該温度係数が負である1層もしくは複数層の圧電体層とを積層しているので、各圧電体層の厚さを適当に設定することにより、積層体全体としての共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができる。しかも、共振周波数の温度係数が正の値を有する層も、負の値を有する層も、いずれも圧電体層によって構成されているので、圧電共振子の共振レスポンスを良好にし、その共振特性を良好にすることができる。

【0015】よって、請求項1に記載の圧電共振子によれば、共振周波数の温度特性が安定で、かつ共振レスポンスも大きくて共振特性が良好な圧電共振子を作製することができる。

【0016】請求項2に記載の圧電共振子は、請求項1に記載した圧電共振子において、前記積層体を構成するいずれの圧電体層も、いずれかの電極間に挟まれていることを特徴としている。

【0017】請求項2に記載の圧電共振子にあっては、全ての圧電体層が電極間に挟まれているので、電極に励振用電気信号を入力することによって全ての圧電体層が励振される。従って、圧電共振子の共振レスポンスを非常に大きくでき、強い共振特性を有する圧電共振子を作製することができる。

【0018】請求項3に記載の圧電共振子は、請求項1又は2に記載した圧電共振子における共振周波数の温度係数が負である圧電体層が、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  [ $0 \leq x \leq 0.52$ ] のいずれかの圧電材料を主成分として構成されていることを特徴としている。

【0019】 $\text{ZnO}$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  [ $0 \leq x \leq 0.52$ ] は、いずれも圧電体であって、しかも共振周波数の温度係数が負の値を有しているから、共振周波数の温度係数が正の圧電体層と組み合わせることにより、共振特性の良好な圧電共振子を作製することができる。

【0020】請求項4に記載の圧電共振子は、請求項1、2又は3に記載の圧電共振子における温度係数が正である圧電体層が、 $\text{AlN}$ 、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  [ $0.54 \leq x \leq 1$ ] を主成分として構成されていることを特徴としている。

【0021】 $\text{AlN}$ 、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  [ $0.54 \leq x \leq 1$ ] は圧電体であって、しかも共振周波数の温度係数が正の値を有しているから、共振周波数の温度係数が負の圧電体層と組み合わせることにより、共振特性の良好な圧電共振子を作製することができる。

【0022】なお、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  は、組成変更によって正負いずれの周波数温度係数も得ることができるから、正負両方の圧電体層を組み合わせることにより、共振特性の良好な圧電共振子を作製することができる。

【0023】請求項5に記載の圧電共振子は、前記基板上で3層の圧電体層を積層した請求項1、2、3、4に記載の圧電共振子において、中央の圧電体層を挟む上下の圧電体層の厚さがほぼ等しいことを特徴としている。

【0024】請求項5に記載の圧電共振子にあっては、3層の圧電体層のうち中央の圧電体層を挟む上下の圧電体層の厚さがほぼ等しくなっているので、3層積層された圧電体層は中央の圧電体層の中央面に関して対称な構造となる。そのため、温度変化に伴って熱応力が発生しても応力のバランスがとれるので、積層された圧電体層が破壊しにくく、また反りも発生しにくくなる。

【0025】請求項6に記載のフィルタは、請求項1、2、3、4又は5に記載された圧電共振子を用いたことを特徴としている。

【0026】請求項7に記載の電子機器は、請求項1、2、3、4又は5に記載された圧電共振子を用いたことを特徴としている。

【0027】請求項6に記載のフィルタ及び請求項7に記載の電子機器は、本発明にかかる圧電共振子を用いているので、周波数温度変化の少ないフィルタや電子機器を得ることができる。また、共振子の特性がよくなるので、フィルタ及び電子機器のフィルタ特性を良好にできる。

【0028】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図4は本発明の第1の実施形態による圧電薄膜共振子21の構造を示す断面図である。この圧電薄膜共振子21にあっては、Si基板22の上面にAlN薄膜23Aを形成し、Si基板22の中央部を開口して空洞24を設ける。このとき、AlN薄膜23Aの空洞24に対応する部分は、薄膜支持部27となる。また、Si基板22の下面には、 $\text{SiO}_2$ 膜28が形成されている。薄膜支持部27の上面には、 $\text{ZnO}$ からなる圧電薄膜25Zが形成されている。AlN薄膜23Aの下面からSi基板22の端部にかけては一方の励振用電極26aを設けてあり、この励

振用電極26aの一部がAlN薄膜23Aから露出している。また、圧電薄膜25Zの上面にも他方の励振用電極26bが設けられている。

【0029】 こうして圧電薄膜25Zと薄膜支持部27の積層体からなる振動部位の両面に励振用電極26a、26bが設けられ、ZnO圧電薄膜25Z及び薄膜支持部27は、励振用の電気信号が加えられると、厚み振動する。

【0030】 図5(a)～(i)は上記圧電薄膜共振子21の製造工程の概略を示す図である。図4では示していないが、Si基板22の上面にあるSiO<sub>2</sub>膜30により、下記のようにしてSi基板22のエッチングを制御している。まず、(100)面Si基板22を用意し、Si基板22の裏面にスパッタによってSiO<sub>2</sub>膜28を形成する。ついで、SiO<sub>2</sub>膜28の上にレジスト膜29を形成し、フォトリソグラフィ法によりレジスト膜29をパターンニングして開口をあける〔図5(a)〕。このレジスト膜29の開口を通してフッ酸等でSiO<sub>2</sub>膜28を選択的にエッチングし、レジスト膜29の開口に合わせてSiO<sub>2</sub>膜28に開口をあける〔図5(b)〕。

【0031】 Si基板22の裏面に形成されていたレジスト膜29を除去した後、Si基板22の表面にCVD法やスパッタ法などによりSiO<sub>2</sub>膜30を成膜する〔図5(c)〕。この後、SiO<sub>2</sub>膜28をマスクとして、TMAH等のエッチング液によってSi基板22を下面側から異方性エッチングする。この異方性エッチングにより、Si基板22の中央部が開口され、SiO<sub>2</sub>膜30の下に空洞24ができる〔図5(d)〕。この結果、SiO<sub>2</sub>膜30はその周囲をSi基板22によって支持され、SiO<sub>2</sub>膜30の中央部が空洞24の上でSi基板22から浮いた状態となる。

【0032】 ついで、SiO<sub>2</sub>膜30の表面に電極材料をリフトオフ蒸着法によって堆積させ、一方の励振用電極26aを形成する〔図5(e)〕。また、リアクティブスパッタにより、励振用電極26aの上からSiO<sub>2</sub>膜30の表面にAlN薄膜23Aを形成する〔図5(f)〕。このとき、励振用電極26aの一部をAlN薄膜23Aから露出させておく。

【0033】 次に、メタルマスクを用いてリアクティブスパッタによりZnOを堆積させ、AlN薄膜23Aの上にZnO圧電薄膜25Zを形成する〔図5(g)〕。さらに、ZnO圧電薄膜25Zの上に電極材料をリフトオフ蒸着法によって堆積させて他方の励振用電極26bを形成する〔図5(h)〕。ついで、HF系エッチャントでウェットエッチングしたり、RIEでドライエッチングしたりすることにより、SiO<sub>2</sub>膜30の露出部分を除去し、励振用電極26aとAlN薄膜23Aの下面を露出させる〔図5(i)〕。このようにして、図4に示したような構造の圧電薄膜共振子21が製作される。

【0034】 ZnOの共振周波数の温度係数は負の値を有するのに対し、AlNの共振周波数の温度係数は正の値を有しているから、ZnO圧電薄膜25ZとAlN薄膜支持部27を接合させた当該圧電薄膜共振子21によれば、ZnO圧電薄膜25Zと薄膜支持部27の膜厚比を適当に設定することで、共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができる。

【0035】 図6はZnO圧電薄膜25Zの膜厚T<sub>ZnO</sub>に対するAlN薄膜支持部27の膜厚T<sub>AlN</sub>の比(T<sub>AlN</sub>/T<sub>ZnO</sub>)を変化させたときの、圧電薄膜共振子21の共振周波数の温度係数の変化を示している。このようなデータを実験的に求めることにより、最適な膜厚比を求めることができ、圧電薄膜共振子21の共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができる。

【0036】 さらに、従来の圧電薄膜共振子においては、薄膜支持部は圧電振動させるための圧電薄膜を支持する機能しか有していなかったのに対し、本発明の圧電薄膜共振子21にあっては、ZnO圧電薄膜25Zを構成するZnOも薄膜支持部27も共に圧電材料であるから、励振用電極26a、26bを通してZnO圧電薄膜25Z及び薄膜支持部27に電気信号を印加すると、薄膜支持部27とZnO圧電薄膜25Zの両方に弾性振動(厚み振動)が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。

【0037】 (第2の実施形態) 図7は本発明の第2の実施形態による圧電薄膜共振子31を示す断面図である。この圧電薄膜共振子31にあっては、Si基板22の上面にZnO薄膜23Zを形成し、Si基板22の中央部に空洞24を形成する。また、ZnO薄膜23Zの上にAlN圧電薄膜25Aを形成している。また、AlN圧電薄膜25Aと薄膜支持部27の積層体からなる振動部位の上面及び下面には、それぞれ励振用電極26b、26aを設けている。

【0038】 この圧電薄膜共振子31は、第1の実施形態とは、薄膜支持部とZnO圧電薄膜の圧電材料を入れ替えたものであるから、第1の実施形態と同様、薄膜支持部27の膜厚とAlN圧電薄膜25Aの膜厚を適当に設定することにより、共振周波数の温度係数を安定させることができる。さらに、薄膜支持部27とAlN圧電薄膜25Aの両方が圧電振動するので、圧電薄膜共振子31の共振インピーダンスを大きくし、強い共振特性を得ることができる。

【0039】 (第3の実施形態) 図8は本発明の第3の実施形態による圧電薄膜共振子32を示す断面図である。この圧電薄膜共振子32は、Si基板22の上にAlN薄膜23Aを形成し、異方性エッチングによってSi基板22の中央部に空洞24を形成し、AlN薄膜23Aの上にZnO圧電薄膜25Zを形成し、さらにその上にAlN圧電薄膜25Aを形成している。また、AlN圧電薄膜25AとZnO圧電薄膜25Zと薄膜支持部

27の積層体からなる振動部位の上面及び下面には、それぞれ励振用電極26b、26aを設けている。

【0040】この圧電薄膜共振子32も、メタルマスクを用いてリアクティブスパッタによりZnO圧電薄膜25Zを形成した後、メタルマスクを用いてリアクティブスパッタによりAlN圧電薄膜25Aを形成する点を除けば、第1の実施形態と同様にして製造される。

【0041】このような3層構造の積層体においても、薄膜支持部27、ZnO圧電薄膜25ZおよびAlN圧電薄膜25Aの各膜厚の比を適当に設定することにより、共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができ、温度特性を安定させることができる。

【0042】さらに、3層の圧電薄膜23A、25Z、25Aからなる積層体の全体が圧電材料によって構成されているから、励振用電極26a、26bを通して圧電薄膜25A、25Z及び薄膜支持部27に電気信号を印加すると、薄膜支持部27と圧電薄膜25A、25Zの全てに弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。

【0043】また、このような構造の圧電薄膜共振子32にあっては、薄膜支持部27（圧電薄膜23A）の膜厚 $t_1$ とAlN圧電薄膜25Aの膜厚 $t_2$ を等しくすれば、圧電薄膜25Zを中心として積層体の構造が上下でほぼ対称となるので、温度変化によって積層体に機械的な反りが発生しにくくなる。

【0044】（第4の実施形態）図9は本発明の第4の実施形態による圧電薄膜共振子33を示す断面図である。この圧電薄膜共振子33にあっては、Si基板22の上面にZnO薄膜23Zを形成し、Si基板22の中央部に空洞24を形成する。また、ZnO薄膜23Zの上にAlN圧電薄膜25Aを形成し、さらにその上にZnO圧電薄膜25Z、AlN圧電薄膜25A及び薄膜支持部27の積層体からなる振動部位の上面及び下面には、それぞれ励振用電極26b、26aを設けている。

【0045】この圧電薄膜共振子33は、第3の実施形態の圧電薄膜共振子32とは、薄膜支持部27、ZnO圧電薄膜25Z及びAlN圧電薄膜25Aの圧電材料を入れ替えたものであるから、第3の実施形態と同様、薄膜支持部27の膜厚と各圧電薄膜25A、25Zの膜厚を適当に設定することにより、共振周波数の温度特性を安定させることができる。さらに、薄膜支持部27と各圧電薄膜25A、25Zのそれぞれが圧電振動するので、圧電薄膜共振子33の共振レスポンスを大きくし、強い共振特性を得ることができる。また、積層体の構造を上下でほぼ対称にすることにより、温度変化に伴う積層体の機械的な反りを小さくすることができる。

【0046】（第5の実施形態）図10は本発明の第5の実施形態による圧電薄膜共振子34を示す断面図である。この圧電薄膜共振子34は、Si基板22の上にA

1N薄膜23Aを形成し、異方性エッチングによってSi基板22の中央部に空洞24を形成することによってAlN薄膜23Aを形成し、その上にZnO圧電薄膜25Zを形成し、さらにその上にAlN圧電薄膜25Aを形成している。また、AlN圧電薄膜25A及びZnO圧電薄膜25Zの境界と、薄膜支持部27の下面とには、それぞれ励振用電極26aを設けて互いに導通させ、AlN圧電薄膜25Aの上面と、ZnO圧電薄膜25Z及びAlN薄膜支持部27の境界とに、それぞれ励振用電極26bを設けて互いに導通させている。

【0047】このような構造の圧電薄膜共振子34にあっては、AlN圧電薄膜25AとZnO圧電薄膜25Zと薄膜支持部27とが並列に接続されているので、励振用電極26a、26bを通して圧電薄膜25A、25Z及び薄膜支持部27に電気信号を印加すると、薄膜支持部27と各圧電薄膜25A、25Zのそれぞれに弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。

【0048】また、このような3層構造の積層体においても、AlN薄膜支持部27、ZnO圧電薄膜25ZおよびAlN圧電薄膜25Aの各膜厚の比を適当に設定することにより、共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができ、温度特性を安定させることができる。

【0049】さらに、このような構造の圧電薄膜共振子34にあっては、薄膜支持部27（AlN薄膜23A）の膜厚 $t_1$ とAlN圧電薄膜25Aの膜厚 $t_2$ を等しくすれば、圧電薄膜25Zを中心として積層体の構造が上下でほぼ対称となるので、温度変化によって積層体に機械的な反りが発生しにくくなる。

【0050】なお、このような構造の圧電薄膜共振子34においても、AlNとZnOを入れ替えて、ZnO圧電薄膜の上にAlN圧電薄膜を形成し、その上にZnO圧電薄膜を形成するようにしてもよい。

【0051】（第6の実施形態）図11は本発明の第6の実施形態による圧電薄膜共振子41を示す断面図である。これは、浮き構造（エアブリッジ構造）を有する圧電薄膜共振子41であって、ガラス基板42の上にエアギャップ43を介してAlNからなる薄膜支持部44Aを形成し、薄膜支持部44Aの上にZnOからなる圧電薄膜45Zを形成している。また、ZnO圧電薄膜45Zと薄膜支持部44Aの積層体によって構成された振動部位の上面及び下面には、それぞれ励振用電極46b、46aを設けている。

【0052】こうしてZnO圧電薄膜45Zと薄膜支持部44Aの積層体からなる振動部位の両面に励振用電極46a、46bが設けられ、ZnO圧電薄膜45Z及び薄膜支持部44Aは、励振用の電気信号が加えられると、厚み振動する。

【0053】図12(a)～(f)は上記圧電薄膜共振子41の製造工程の概略を示す図である。まず、スパッ

10

20

30

40

50

タ法により、ガラス基板42の上にZnOからなる犠牲層47を成膜し、エアギャップ43となる部分を残して犠牲層47をエッチングする〔図12(a)〕。ついで、真空蒸着法とリフトオフ法とにより、犠牲層47の上にA1Nによって励振用電極46aを形成する〔図12(b)〕。

【0054】リアクティブスパッタ法により犠牲層47の上にA1Nからなる薄膜支持部44Aを形成する〔図12(c)〕。その後、酢酸水溶液を用いて犠牲層47をエッチングし、薄膜支持部44Aの下面にエアギャップ43を形成し、薄膜支持部44Aをガラス基板42の上面から浮かせる〔図12(d)〕。次に、スパッタ法により、薄膜支持部44Aの上面にZnO圧電薄膜45Zを形成し〔図12(e)〕、メタルマスクを用いて真空蒸着法によりZnO圧電薄膜45Zの上に励振用電極46bを形成する〔図12(f)〕。このようにして、図11に示したような浮き構造の圧電薄膜共振子41が製作される。

【0055】ZnOの共振周波数の温度係数は負の値を有するのに対し、A1Nの共振周波数の温度係数は正の値を有しているから、浮き構造の薄膜支持部44Aの上にZnO圧電薄膜45Zを形成した当該圧電薄膜共振子41でも、ZnO圧電薄膜45Zと薄膜支持部44Aの膜厚比を適当に設定することで、共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができる。

【0056】さらに、従来の浮き構造の圧電薄膜共振子では、薄膜支持部は圧電薄膜を支持するための薄膜としての機能しか有していなかったのに対し、この圧電薄膜共振子41にあっては、ZnO圧電薄膜45Zを構成するZnOも薄膜支持部44Aを構成するA1Nも共に圧電材料であるから、励振用電極46a、46bを通してZnO圧電薄膜45Z及び薄膜支持部44Aに電気信号を印加すると、薄膜支持部44AとZnO圧電薄膜45Zの両方に弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。

【0057】また、このような浮き構造の圧電薄膜共振子41によれば、基板42の裏面をエッチングによって削る必要がないので、ガラス等特定材質の基板に限定しなくても良い利点がある。

【0058】なお、この実施形態の圧電薄膜共振子41においても、ZnOとA1Nとを入れ替え、ZnO薄膜支持部の上にA1N圧電薄膜を形成するようにしてもよい。

【0059】(第7の実施形態) 図13は本発明の第7の実施形態による圧電薄膜共振子51を示す断面図である。この圧電薄膜共振子51は、Si基板22の上にA1N薄膜23Aを形成し、異方性エッチングによってSi基板22の中央部に空洞24を形成することによってA1N薄膜23Aを形成し、その上にZnO圧電薄膜25Zを形成し、さらにその上にA1N圧電薄膜25Aを

形成している。また、A1N圧電薄膜25Aの上面に励振用電極26bを形成し、薄膜支持部27とZnO圧電薄膜25Zの境界にも励振用電極26aを設けている。

【0060】この圧電薄膜共振子51は、薄膜支持部27と励振用電極26aとの形成順序が逆である点を除けば、第3の実施形態と同様にして製造される。

【0061】このような3層構造の積層体においても、薄膜支持部27、ZnO圧電薄膜25ZおよびA1N圧電薄膜25Aの各膜厚の比を適当に設定することにより、共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができ、温度特性を安定させることができる。

【0062】この圧電薄膜共振子51では、A1N圧電薄膜25AとZnO圧電薄膜25Zが励振用電極26a、26bに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して両圧電薄膜25A、25Zに電気信号を印加すると、圧電薄膜25A、25Zに弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。一方、A1Nからなる薄膜支持部27は、励振用電極26a、26b間の外にあるが、A1Nは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されると薄膜支持部27にも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子51の共振特性の向上に寄与する。

【0063】さらに、このような構造の圧電薄膜共振子51にあっては、薄膜支持部27(圧電薄膜23A)の膜厚 $t_1$ とA1N圧電薄膜25Aの膜厚 $t_2$ を等しくすれば、圧電薄膜25Zを中心として積層体の構造が上下でほぼ対称となるので、温度変化によって積層体に機械的な反りが発生しにくくなる。

【0064】(第8の実施形態) 図14は本発明の第9の実施形態による圧電薄膜共振子52を示す断面図である。この実施形態では、図13の圧電薄膜共振子51と同じ薄膜支持部27及び圧電薄膜25Z、25Aの構成において、励振用電極26b、26aをZnO圧電薄膜25Zの上面と薄膜支持部27の下面とに形成している。

【0065】この圧電薄膜共振子52では、薄膜支持部27とZnO圧電薄膜25Zが励振用電極26a、26bに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して薄膜支持部27とZnO圧電薄膜25Zに電気信号を印加すると、薄膜支持部27とZnO圧電薄膜25Zに弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。一方、A1N圧電薄膜25Aは、励振用電極26a、26b間の外にあるが、A1Nは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されると、A1N圧電薄膜25Aにも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子52の共振特性の向上に寄与する。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有し、温度変化に伴って圧電薄膜25Z、25

A及び薄膜支持部27に反りの生じにくい圧電薄膜共振子52を製作することができる。

【0066】(第9の実施形態)図15は本発明の第9の実施形態による圧電薄膜共振子53を示す断面図である。この圧電薄膜共振子53は、Si基板22の上にZnO薄膜23Zを形成し、異方性エッチングによってSi基板22の中央部に空洞24を形成する。ZnO薄膜23Zの上にAlN圧電薄膜25Aを形成し、さらにその上にZnO圧電薄膜25Zを形成している。また、ZnO圧電薄膜25Zの上面に励起用電極26bを形成し、ZnO薄膜支持部27とAlN圧電薄膜25Aの境界に励振用電極26aを設けている。

【0067】この圧電薄膜共振子53では、ZnO圧電薄膜25ZとAlN圧電薄膜25Aが励振用電極26a、26bに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して両圧電薄膜25Z、25Aに電気信号を印加すると、圧電薄膜25Z、25Aに弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。一方、ZnOからなる薄膜支持部27は、励振用電極26a、26b間の外にあるが、ZnOは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されるとZnO薄膜支持部27にも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子53の共振特性の向上に寄与する。

【0068】従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有し、さらに、温度変化に伴って圧電薄膜25Z、25Aや薄膜支持部27に反りの発生しにくい圧電薄膜共振子53を製作することができる。

【0069】(第10の実施形態)図16は本発明の第10の実施形態による圧電薄膜共振子54を示す断面図である。この実施形態では、図15の圧電薄膜共振子53と同じ薄膜支持部27及び圧電薄膜25A、25Zの構成において、励振用電極26b、26aをAlN圧電薄膜25Aの上面と薄膜支持部27の下面とに形成している。

【0070】この圧電薄膜共振子54では、AlN圧電薄膜25Aと薄膜支持部27が励振用電極26b、26aに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通してAlN圧電薄膜25Aと薄膜支持部27に電気信号を印加すると、AlN圧電薄膜25Aと薄膜支持部27に弾性振動が発生し、大きな共振レスポンスを得ることができ、強い共振特性を実現できる。一方、ZnO圧電薄膜25Zは、励振用電極26a、26b間の外にあるが、ZnOは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されると、ZnO圧電薄膜25Zにも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子54の共振特性の向上に寄与する。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有する圧電薄膜共振子54を製作することがで

きる。

【0071】(第11の実施形態)図17は本発明の第11の実施形態による圧電薄膜共振子55を示す断面図である。この圧電薄膜共振子55にあっては、Si基板22の上面にAlN薄膜23Aを形成し、Si基板22の中央部に空洞24を形成する。AlN薄膜23Aの上にZnO圧電薄膜25Zを形成している。また、ZnO圧電薄膜25Zの上面と下面に励振用電極26b、26aを設けている。

【0072】この圧電薄膜共振子55では、ZnO圧電薄膜25Zが励振用電極26a、26bに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して圧電薄膜25Zに電気信号を印加すると、圧電薄膜25Zに弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、薄膜支持部27は、励振用電極26a、26b間の外にあるが、AlNは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されると薄膜支持部27にも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子55の共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有する圧電薄膜共振子55を製作することができる。

【0073】(第12の実施形態)図18は本発明の第12の実施形態による圧電薄膜共振子56を示す断面図である。この実施形態では、図17の圧電薄膜共振子55と同じ薄膜支持部27及びZnO圧電薄膜25Zの構成において、励振用電極26b、26aを薄膜支持部27の上面と下面に形成している。

【0074】この圧電薄膜共振子56では、薄膜支持部27が励振用電極26a、26bに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して薄膜支持部27に電気信号を印加すると、薄膜支持部27に弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、ZnO圧電薄膜25Zは、励振用電極26a、26b間の外にあるが、ZnOは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されるとZnO圧電薄膜25Zにも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子56の共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有する圧電薄膜共振子56を製作することができる。

【0075】(第13の実施形態)図19は本発明の第13の実施形態による圧電薄膜共振子57を示す断面図である。この圧電薄膜共振子57にあっては、Si基板22の上面にZnO薄膜23Zを形成し、Si基板22の中央部に空洞24を形成する。ZnO薄膜23Zの上にAlN圧電薄膜25Aを形成している。また、AlN圧電薄膜25Aの上面及び下面に励振用電極26b、26aを設けている。

【0076】この圧電薄膜共振子57では、AlN圧電



薄膜25Aが励振用電極26b、26aに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して圧電薄膜25Aに電気信号を印加すると、AlN圧電薄膜25Aに弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、薄膜支持部27は、励振用電極26a、26b間の外にあるが、ZnOは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されると薄膜支持部27にも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子57の共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有する圧電薄膜共振子57を製作することができる。

【0077】(第14の実施形態)図20は本発明の第14の実施形態による圧電薄膜共振子58を示す断面図である。この実施形態では、図19の圧電薄膜共振子57と同じ薄膜支持部27及びAlN圧電薄膜25Aの構成において、励振用電極26b、26aを薄膜支持部27の上面及び下面に形成している。

【0078】この圧電薄膜共振子58では、薄膜支持部27が励振用電極26a、26b間に挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して薄膜支持部27に電気信号を印加すると、薄膜支持部27に弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、AlN圧電薄膜25Aは、励振用電極26b、26a間の外にあるが、AlNは圧電材料であるから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されるとAlN圧電薄膜25Aにも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子58の共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有する圧電薄膜共振子58を製作することができる。

【0079】(第15の実施形態)図21は本発明の第15の実施形態による圧電薄膜共振子59を示す断面図である。この圧電薄膜共振子59にあっては、Si基板22の上面にAlN薄膜23Aを形成し、Si基板22の中央部に空洞24を形成する。AlN薄膜23Aの上にZnO圧電薄膜25Zを形成し、さらにその上にAlN圧電薄膜25Aを形成している。そして、薄膜支持部27及び圧電薄膜25Z、25Aからなる3層構造のうち1層だけを励振用電極26a、26bで挟んでいる。

【0080】この圧電薄膜共振子59では、薄膜支持部27と圧電薄膜25Z、25Aのうち1層だけが励振用電極26b、26aに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して電気信号を印加すると、そこに弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、残りの2層は、励振用電極26a、26b間の外にあるが、いずれも圧電材料で形成されているから、励振用電極26に信号電圧が印加されると誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子59の共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態において

も、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有し、さらに温度変化に対しても反りが発生しにくい圧電薄膜共振子59を製作することができる。

【0081】(第16の実施形態)図22は本発明の第16の実施形態による圧電薄膜共振子60を示す断面図である。この圧電薄膜共振子60にあっては、Si基板22の上面にZnO薄膜23Zを形成し、Si基板22の中央部に空洞24を形成する。ZnO薄膜23Zの上にAlN圧電薄膜25Aを形成し、さらにその上にZnO圧電薄膜25Zを形成している。そして、薄膜支持部27及び圧電薄膜25A、25Zからなる3層構造のうち1層だけを励振用電極26b、26aで挟んでいる。

【0082】この圧電薄膜共振子60では、薄膜支持部27と圧電薄膜25A、25Zのうち1層だけが励振用電極26a、26bに挟まれているので、励振用電極26a、26bを通して電気信号を印加すると、そこに弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、残りの2層は、励振用電極26a、26b間の外にあるが、いずれも圧電材料で形成されているから、励振用電極26a、26bに信号電圧が印加されると誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子60の共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有し、さらに温度変化に対しても反りが発生しにくい圧電薄膜共振子60を製作することができる。

【0083】(第17の実施形態)これまでダイアフラム型の圧電薄膜共振子について種々の実施形態を説明したが、浮き構造の圧電薄膜共振子についても、薄膜支持部の上に2層以上の圧電薄膜を形成したものや、薄膜支持部と圧電薄膜のうちの一部分だけを励振用電極で挟み込んだもの、圧電材料の組合せを変えたものなど、種々の実施形態が可能である。

【0084】例えば、図23は浮き構造の(第17の実施形態による)圧電薄膜共振子61を示す断面図であって、浮き構造の圧電薄膜共振子61の異なる実施形態を示している。この圧電薄膜共振子61にあっては、ガラス基板42の上にエアギャップ43を介して浮き構造のAlN薄膜支持部44Aを形成し、薄膜支持部44Aの上にZnO圧電薄膜45Zを形成し、ZnO圧電薄膜45Zの上面及び下面に励振用電極46b、46aを形成したものである。

【0085】この圧電薄膜共振子61では、圧電薄膜45Zが励振用電極46b、46aに挟まれているので、励振用電極46a、46bを通して圧電薄膜45Zに電気信号を印加すると、圧電薄膜45Zに弾性振動が発生し、共振レスポンスを得ることができる。一方、薄膜支持部44Aは、励振用電極46a、46b間の外にあるが、AlNは圧電材料であるから、励振用電極46a、46bに信号電圧が印加されると薄膜支持部44Aにも誘電分極によって電圧が掛かり、圧電薄膜共振子61の

共振特性を向上させることができる。従って、この実施形態においても、共振周波数の温度特性が安定で、強い共振特性を有する圧電薄膜共振子61を製作することができる。

【0086】(第18の実施形態)図24は本発明の第18の実施形態による圧電共振子62の構造を示す断面図である。この実施形態にあつては、Si基板22の上面をエッチングすることによってSi基板22の上面に空洞24を形成してあり、そのSi基板22の上に励振用電極26a、AlN薄膜23A、ZnO薄膜25及び励振用電極26bを形成している。また、Si基板22の下面にはSiO<sub>2</sub>膜28を設けている。製造手順としては、Si基板22の上面に励振用電極26aとAlN薄膜23Aを形成した後、AlN薄膜23Aに設けた開口部よりSi基板22の上面にエッチング液を注入し、AlN薄膜23Aの開口部下のSi基板22の一部をエッチングすることにより空洞24を設ける。ついで、AlN薄膜23Aの上面に、ZnO薄膜25Zを形成し、その上に励振用電極26bを設ければよい。

【0087】本実施形態は、第1の実施形態において空洞24を基板裏面からではなく表面から形成したものに相当する。このような圧電共振子30でも第1の実施形態と同様な作用効果を奏する。また、本実施形態においても、圧電膜と電極の組み合わせ方により、第2の実施形態～第16の実施形態に相当する実施形態が可能である。

【0088】なお、上記各実施形態においては、圧電材料としてZnOとAlNを組合わせた場合について説明したが、これ以外にもZnO、LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>、PbZr<sub>x</sub>Ti<sub>(1-x)</sub>O<sub>3</sub> [0 ≤ x ≤ 0.52] 等の共振周波数の温度係数が負の値を有する圧電材料と、共振周波数の温度係数が正の値を有するAlN、PbZr<sub>x</sub>Ti<sub>(1-x)</sub>O<sub>3</sub> [0.54 ≤ x ≤ 1] のような圧電材料との組合わせを用いてもよい。

【0089】(第19の実施形態)図25(a)(b)(c)はいずれも本発明の第19の実施形態によるフィルタの回路図である。これらのフィルタは、本発明にかかる圧電薄膜共振子71を用いて構成されたラダー型フィルタであつて、図25(a)はL型フィルタ72、(b)はT型フィルタ73、(c)はπ型フィルタ74となっている。

【0090】これらのフィルタ72、73、74は、本発明にかかる圧電薄膜共振子71を用いているので、周波数温度変化の少ないフィルタを得ることができる。また、圧電薄膜共振子71の特性が良好となるので、フィルタ特性も良好となる。さらに、圧電薄膜共振子71として圧電薄膜共振子32、34、51のように3層構造で中央の薄膜を挟む上下の薄膜の膜厚がほぼ等しいものを用いれば、破壊に強いフィルタを得ることができる。

【0091】また、本発明にかかる圧電薄膜共振子やフ

ィルタは、携帯電話やパソコンなどの電子機器にも用いられる。

【0092】

【発明の効果】請求項1に記載の圧電共振子によれば、各圧電体層の厚さを適当に設定することにより、積層体全体としての共振周波数の温度係数をほぼゼロにすることができ、しかも、電極以外のいずれの層も圧電材料によって構成されているので、圧電共振子の共振レスポンスを良好にし、その共振特性を良好にすることができる。よつて、請求項1に記載の圧電共振子によれば、共振周波数の温度特性が安定で、かつ共振レスポンスも大きくて共振特性が良好な圧電共振子を作製することができる。

【0093】請求項2に記載の圧電共振子によれば、電極に励振用電気信号を入力することによって全ての圧電体層を励振することができるので、圧電共振子の共振レスポンスを非常に大きくでき、強い共振特性を有する圧電共振子を作製することができる。

【0094】ZnO、LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>、PbZr<sub>x</sub>Ti<sub>(1-x)</sub>O<sub>3</sub> [0 ≤ x ≤ 0.52] は、いずれも圧電体であつて、しかも共振周波数の温度係数が負の値を有しているから、請求項4に記載の圧電共振子によれば、共振周波数の温度係数が正の圧電体層と組合わせることにより、共振特性の良好な圧電共振子を作製することができる。

【0095】AlN、PbZr<sub>x</sub>Ti<sub>(1-x)</sub>O<sub>3</sub> [0.54 ≤ x ≤ 1] は圧電体であつて、しかも共振周波数の温度係数が正の値を有しているから、請求項5に記載の圧電共振子によれば、共振周波数の温度係数が負の圧電体層と組合わせることにより、共振特性の良好な圧電共振子を作製することができる。

【0096】請求項5に記載の圧電共振子にあつては、3層積層された圧電体層は中央の圧電体層の中央面に關して対称な構造となるので、温度変化に伴つて熱応力が発生しても応力のバランスがとれるので、積層された圧電体層が破壊しにくく、また反りも発生しにくくなる。

【0097】請求項6に記載のフィルタ及び請求項7に記載の電子機器にあつては、周波数温度変化の少ないフィルタや電子機器を得ることができる。また、共振子の特性がよくなるので、フィルタ及び電子機器のフィルタ特性を良好にできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の圧電薄膜共振子の構造を示す断面図である。

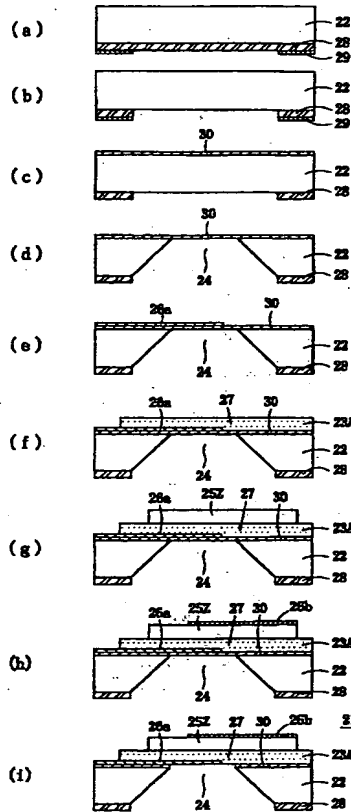
【図2】共振周波数の温度特性を改善した従来の別な圧電薄膜共振子の構造を示す断面図である。

【図3】浮き構造を有する従来の別な圧電薄膜共振子の構造を示す断面図である。

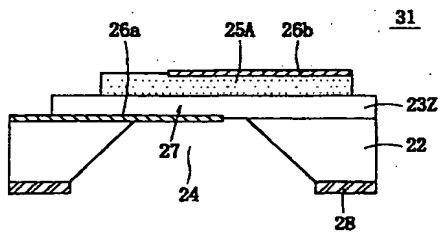
【図4】本発明の第1の実施形態による圧電薄膜共振子の構造を示す断面図である。



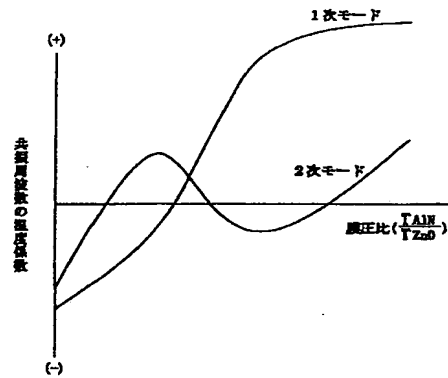
【図5】



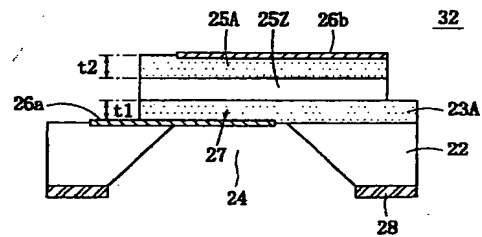
【図7】



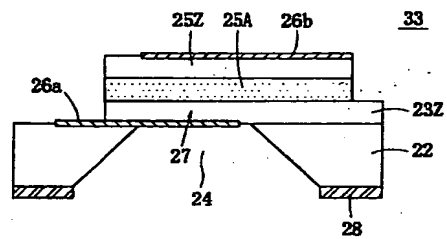
【図6】



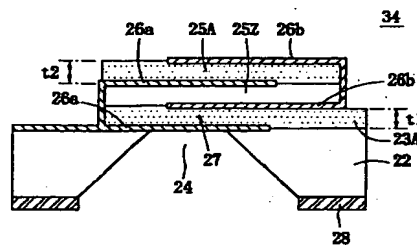
【図8】



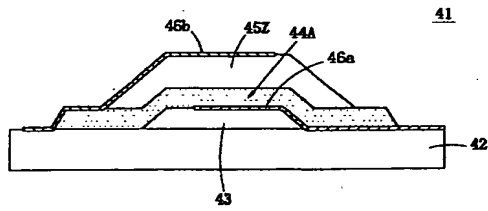
【図9】



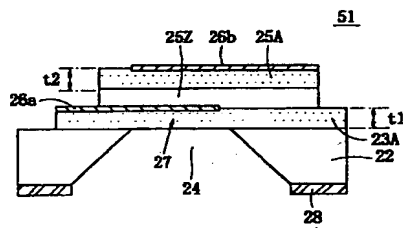
【図10】



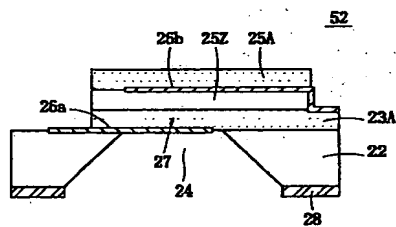
【図11】



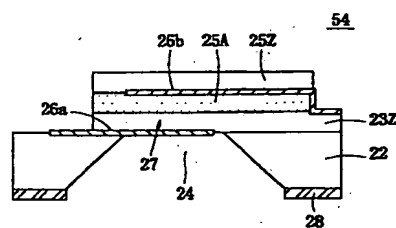
【図13】



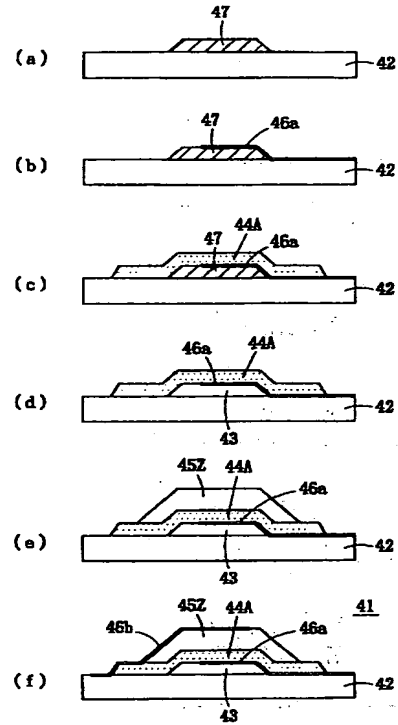
【図14】



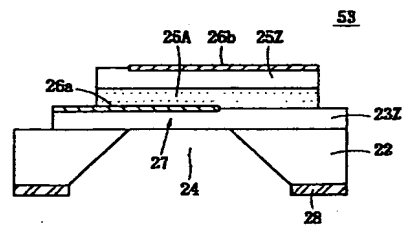
【図16】



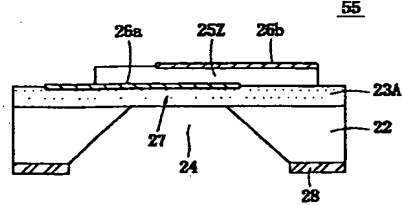
【図12】



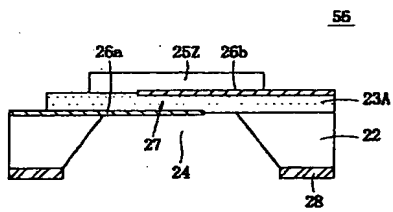
【図15】



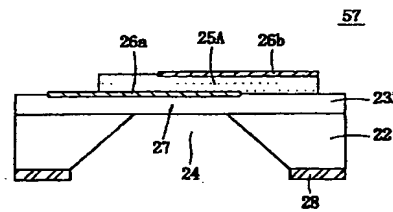
【図17】



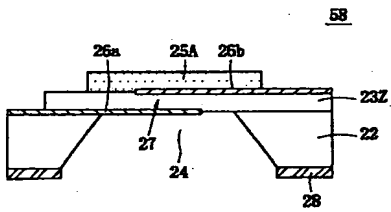
【図18】



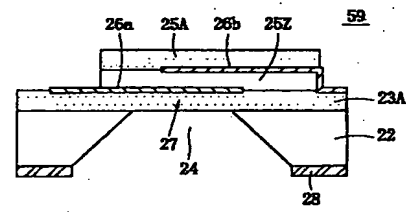
【図19】



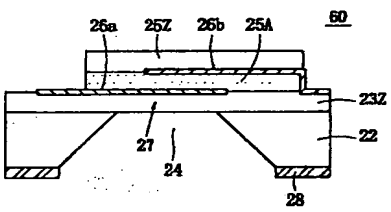
【図20】



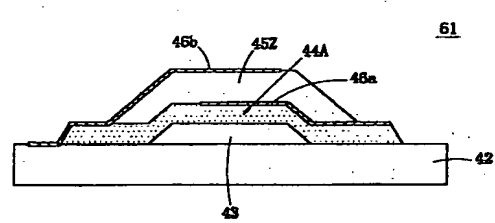
【図21】



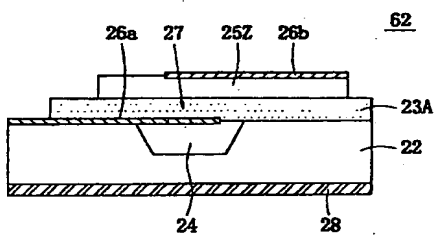
【図22】



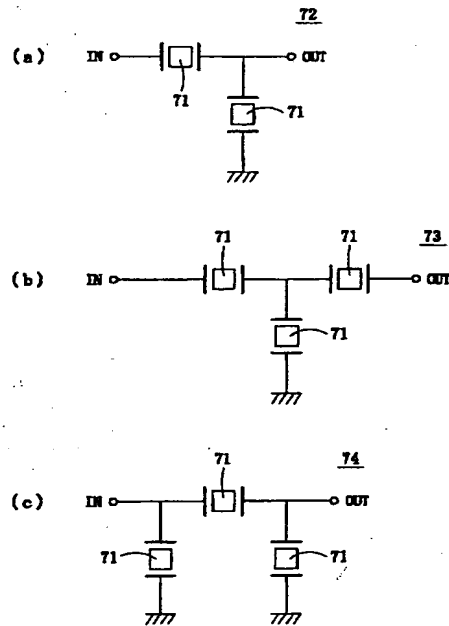
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム (参考)
H 0 1 L 41/083		H 0 1 L 41/08	C
41/18			U
H 0 3 H 9/54			S
		41/18	1 0 1 Z

(72) 発明者 竹内 雅樹  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

F ターム (参考) 4K029 AA06 AA09 BA49 BA50 BA58  
BB02 BC05 BD00 CA05 DC05  
5F045 AA19 AB09 AB22 AB32 AB40  
AF03 BB11 DA62 HA14  
5J108 AA04 BB01 BB05 BB07 BB08  
CC04 CC11 EE04 EE07